

УДК 539.43

ПІДВИЩЕННЯ ТРІЩИНОСТІЙКОСТІ ХРОМИСТОЇ СТАЛІ ДЛЯ КОВАЛЬСЬКИХ ЗЛИВКІВ

Буніна Л.М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-54

Ключові слова – ковальський зливков, неметалеві включення, розкислення, «гаряча» тріщина, хромиста сталь.

Анотація – наведені причини браку при наявності «гарячих» тріщин ковальських зливків та поковок хромистих сталей. У результаті комплексного розкислення сталі алюмінієм і фероцерієм підвищена високотемпературна тріщиностійкість та механічні властивості хромистих сталей для поковок.

Постановка проблеми. Ковальсько-штамповочне виробництво, як правило, характеризується достатньо високим браком зливків і поковок, головним чином, за «гарячими» тріщинами. Основними причинами такого браку є: підвищена кількість нітридів алюмінію на межах аустенітних зерен, які приводять до зниження міжзеренних зв'язків, високотемпературних міцності і пластичності сталі, а також високий вміст сірки, який викликає утворення легкоплавких залізо-сульфідних евтектик і явище червоноламкості. У зв'язку з цим, у даній роботі вирішувалась задача управління кількістю і природою неметалевих включень у низьколегованих хромистих сталях з метою зниження браку ковальських зливків і поковок і підвищення комплексу механічних і експлуатаційних властивостей кованих низьколегованих сталей.

Аналіз останніх досліджень. Загальноприйнятим розкислювачем сталі є алюміній, від вмісту якого утворюються три типи неметалевих включень: глобулярні I типу при відсутності алюмінію, плівкові II типу при «критичних» концентраціях алюмінію, гострокутні III типу при надкритичному вмісті алюмінію. Для одержання найбільш сприятливого I типу неметалевих включень вміст залишкового алюмінію в середньовуглецевій сталі повинен складати 0,03...0,06% [1, 2]. Алюміній застосовують при розкисленні сталей також завдяки здатності утворювати при температурі нижче 1000°C на межах зростаючих кристалів дрібнодисперсні включення нітридів алюмінію. Ці включення дозволяють одержувати спадково дрібнозернисту сталь і відіграють роль регуляторів розміру зерна. З іншого боку, при висо-

кому вмісті алюмінію (більш 0,05%) внаслідок досить високого вмісту азоту (0,010...0,015%) у хромистих сталях на межах зерен утворюється велика кількість нітриду алюмінію, що негативно впливає на технологічну пластичність. Це викликає утворення кам'янистого зламу і знижує механічні властивості виробів. Тому, для підвищення тріщиностійкості великих зливків необхідно запобігти утворенню грубих нітридів алюмінію шляхом зв'язування частини азоту ще в рідкій сталі в хімічно стійкі нітриди.

Формулювання цілей статті. Метою роботи було вивчення впливу модифікування алюмінієм та фероцерієм порівняно з розкисленням алюмінієм на механічні властивості при високих температурах та тріщиностійкість хромистих сталей.

Основна частина. Розкислення алюмінієм неспроможне забезпечити сприятливу морфологію неметалевих включень, тому все більше застосовують спільне розкислення алюмінієм та рідкоземельними металами. З останніх найбільше застосування отримав фероцерій. Він володіє високою хімічною спорідненістю до азоту, має досить високі температури плавлення і дисоціації нітридів, а також сприяє глобуляризації неметалевих включень [3].

Результати аналізу роботи ковальського цеху одного з металургійних підприємств України показав, що брак ковальських зливків масою біля 1 т і поковок становив приблизно 25%, при цьому за «гарячими» тріщинами – приблизно 12%. Зі всіх видів браку на долю невіправного належало 2/3 браку, а доля виправного становила 1/3. Основними видами браку були: «гарячі» тріщини – 12%, підвищене забруднення неметалевими і шлаковими включеннями – 1,1%, невідповідність хімічного складу – 3,6%, невідповідність термічної обробки – 8,3%. На рисунку 1 наведено графік розподілу браку за «гарячими» тріщинами для вуглецевих і легованих марок сталі.

Результати аналізу матеріалів 2840 плавов показали, що домінуючим видом браку були «гарячі» тріщини, брак за якими становить у середньому для всіх марок сталі 12% (табл. 1) або половину від всіх видів браку. Статистична обробка висновків ЦЗЛ підприємства причин браку зливків і поковок показала, що в 79,5% випадків причиною утворення тріщин у металі були неметалеві включення. При цьому на долю сульфідів і оксисульфідів припадало 50,5%, на долю інших включень – 29,0% випадків браку.

Для зниження браку за «гарячими» тріщинами і підвищення рівня механічних властивостей хромистих сталей, які найбільш схильні до тріщиноутворення (див. рис.1), необхідна технологія кінцевого розкислення, яка виключає утворення надмірного нітриду алюмінію AlN на межах аустенітних зерен і отримання неметалевих включень, які не деформуються у процесі кування, з метою поліпшення механічних властивостей і зниження їх анізотропії.

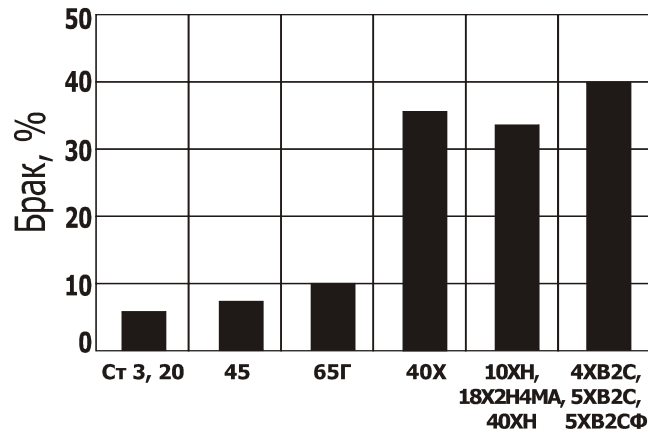


Рис. 1. Розподіл браку за «гарячими» тріщинами за марками сталі.

Таблиця 1 – Брак зливок і поковок за «гарячими» тріщинами

Показ-ники	Марки сталі						Всього
	Ст.3, 20	45	65Г	40Х	10ХН, 18Х2Н4МА, 40ХН	4ХВ2С, 5ХВ2С, 5ХВ2СФ	
Всього зливок і поковок, шт.	140	123	10	22	31	15	341
у тому числі з тріщинами, шт.	7	8	1	8	11	6	41
% браку	5,0	6,5	10,0	36,4	35,5	40,0	12,0*

* середнє для всіх марок сталі

У зв'язку з цим мета наступного етапу дослідження полягала у виборі оптимальної технології модифікування для запобігання інтенсивного утворення нітриду алюмінію на межах аустенітних зерен хромистих сталей. Згідно літературних джерел, церій і лантан є типовими нітридоутворюючими елементами, які послаблюють шкідливий вплив азоту в зливках і виливках. У зв'язку з чим ставилась задача оптимізувати процес розкислення сталі для ковальських зливок для того, щоб:

- 1) знизити брак за тріщиноутворенням;
- 2) підвищити механічні властивості сталі для поковок.

Ця задача розв'язувалась шляхом додаткового модифікування фероцерієм сталі, розкисленої алюмінієм. В якості модифікатора фероцерій був обраний із наступних міркувань. По-перше, церій, лантан та інші рідкоземельні метали, які входять до складу фероцерія, володіють високою хімічною спорідненістю до азоту, достатньою для утворення нітридів. По-друге, при модифікуванні рідкоземельними металами утворюються глобулярні оксисульфідів, які не деформуються при гаря-

чій обробці тиском, що позитивно відбивається на технологічній пластичності, тріщиностійкості і механічних властивостях сталі.

Механічні іспити проводили на сталі 40ХЛ, розкисленої за двома варіантами: 1) алюмінієм і 2) алюмінієм і фероцерієм, при температурах 600, 800 та 1000°C (табл. 2). В інтервалі цих температур закінчується процес гарячого кування і найбільш часто утворюються тріщини. Як видно з наведених у таблиці 2 даних, додаткове модифікування сталі фероцерієм сприяло підвищенню міцності і пластичності. При цьому більш помітне поліпшення механічних властивостей (на 20...70%) спостерігалось при температурі 800°C. На наш погляд, підвищення міцності і пластичності при підвищених температурах пояснюється:

- 1) утворенням тугоплавких з'єднань оксисульфідів рідкоземельних металів (РЗМ) замість легкоплавких сульфідних включень;
- 2) очищенням меж зерен від неметалевих включень;
- 3) змінням гострокутної і плівкової форми включень на глобулярну;
- 4) зв'язуванням частини азоту в нітриди РЗМ.

Таблиця 2 – Механічні властивості сталі 40ХЛ, розкисленої алюмінієм та алюмінієм і фероцерієм, при температурах 600,800 та 1000° С

Властивості	600°C		800°C		1000°C	
	Al	Al+FeCe	Al	Al+FeCe	Al	Al+FeCe
σ_B , МПа	310,8	325,7	128,0	155,4	64,9	77,4
Ψ , %	18,4	24,9	25,6	44,1	90,7	98,6
δ , %	12,7	18,0	49,5	63,2	73,2	74,7

Внаслідок застосування двохкомпонентного розкислення сталі алюмінієм і фероцерієм були отримані глобулярні неметалеві включення, які не деформувались при гарячій обробці металів (рис. 2), і суттєво знижена анізотропія механічних властивостей.

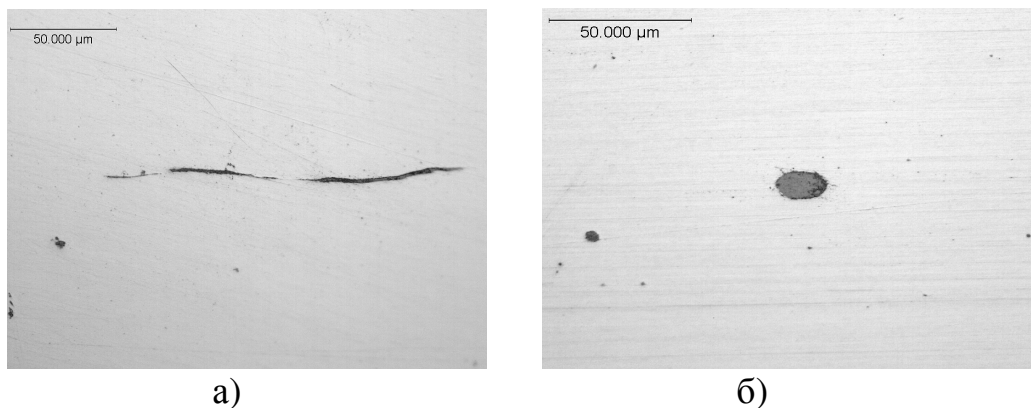


Рис. 2. Типові неметалеві включення у кованої сталі: а – розкислення алюмінієм; б – розкислення алюмінієм і фероцерієм. $\times 524$

Висновки. При розкисленні сталі для ковальських зливків алюмінієм і фероцерієм зменшується брак за «гарячими» тріщинами, а також підвищуються механічні властивості при високих температурах.

Література

1. Шульте Ю.А. Электрометаллургия стального литья / Ю.А. Шульте. – М.: Metallurgiya, 1970. – 223 с.
2. Лунев В.В. Сера и фосфор в стали / В.В. Лунев, А.В. Аверин. – М.: Metallurgiya, 1988. – 256 с.
3. Голубцов В.А. Модифицирование стали для отливок и слитков / В.А. Голубцов, В.В. Лунев. – Челябинск-Запорожье: ЗНТУ, 2009. – 356 с.

ПОВЫШЕНИЕ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ХРОМИСТОЙ СТАЛИ ДЛЯ КУЗНЕЧНЫХ СЛИТКОВ

Бунина Л.Н.

Аннотация

Приведены причины брака по «горячим» трещинам кузнечных слитков и поковок хромистых сталей. В результате комплексного раскисления стали алюминием и ферроцерием повышена высокотемпературная трещиностойкость и механические свойства хромистых сталей для поковок.

THE RISING OF CHROME STEEL CRACK RESISTANCE FOR FORGING INGOTS

L. Bunina

Summary

The cause of hot crack defect of forging ingots and forgings of chrome steels is given. It is shown what in the result of complex deoxidation by aluminum and ferrocium of chrome steels for forgings the high temperature cracking resistance and mechanical properties are rising.